

Señores
DIRECCION DE NUEVAS CREACIONES
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
Bogotá, D.C.

Re.: Expediente No. NC2020/0015926
Fase nacional de Solicitud
de Patente PCT
BAKER HUGHES, A GE COMPANY LLC

En relación con el expediente de la referencia y dando cumplimiento a la última providencia recaída sobre este asunto por medio del presente escrito me permito manifestarles lo siguiente:

1. Siguiendo instrucciones de mi representada, as adjunta a este escrito una nueva versión de la descripción y las reivindicaciones, las cuales han sido modificadas.

La descripción se ha modificado con el fin de que refleje de una mejor manera las modificaciones introducidas en el capítulo reivindicatorio.
2. La sociedad solicitante no está de acuerdo con que D1 revele todas las características de la reivindicación 1 y afirma que ninguna de las la técnica anterior citada divulga o sugiere una herramienta de perforación de tierra como se menciona en la reivindicación 1
3. Como se analiza en la presente solicitud, extendiendo un perfil de corte de una estructura de corte giratoria hacia la región del cono de la herramienta de excavación, es decir, más cerca del centro axial, en línea con el presente invento, ayuda a reducir o prevenir los cortes de núcleo, lo que puede reducir los costos de reparación y reemplazo.

4. No hay ninguna sugerencia en ninguna de las técnicas anteriores de extender un perfil de corte de una estructura de corte giratoria al menos parcialmente a través de una región cónica de una herramienta de excavación de tierra, o de las ventajas que esto proporciona. Por lo tanto, esta característica no habría sido obvia para el experto en la materia.

En consecuencia, de conformidad con los documentos y modificaciones introducidas se puede concluir que la materia reclamada en esta solicitud cumple con los requisitos de nivel inventivo exigidos por la Decisión 486.

Renuncio al término faltante de traslado, y les solicito conceder el privilegio de patente de invención aquí tramitado.

De Ustedes Atentamente,

LUIS FELIPE CASTILLO GIBSON
T.P. No. 68.995 del C.S.J.

HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN DE TIERRA CON CUCHILLAS FIJAS Y ESTRUCTURAS DE CORTE GIRATORIAS DE DIFERENTES TAMAÑOS Y MÉTODOS RELACIONADOS

5 REIVINDICACIÓN DE PRIORIDAD

Esta solicitud reivindica el beneficio de la fecha de presentación de la solicitud de patente estadounidense con No. de serie 15/807.853, presentada el 9 de noviembre de 2017, para
10 “EARTH BORING TOOLS HAVING FIXED BLADES Y VARYING SIZED ROTATABLE CUTTING STRUCTURES AND RELATED METHODS.”

CAMPO TÉCNICO

Esta revelación se refiere generalmente a las herramientas de perforación de tierra que
15 tienen estructuras de corte giratorias. Esta revelación también se refiere a herramientas de perforación de tierra que tienen cuchillas con elementos de corte fijos, así como estructuras de corte giratorias montadas en el cuerpo de estas.

ANTECEDENTES

20

Los pozos de petróleo y gas (pozos) generalmente se perforan con una sarta de perforación. La sarta del taladro incluye un miembro tubular que tiene un ensamblaje de perforación que incluye una sola broca en su extremo inferior. El ensamblaje de perforación también puede incluir dispositivos y sensores que proporcionen información
25 relacionada con una variedad de parámetros relacionados con las operaciones de perforación (“parámetros de perforación”), el comportamiento del ensamblaje de perforación (“parámetros del ensamblaje de perforación”) y parámetros relacionados con las formaciones penetradas por el pozo (“parámetros de la formación”). Una broca y/o escariador unido al extremo inferior del ensamblaje de perforación se hace rotar girando la
30 sarta de perforación desde la plataforma de perforación y/o por un motor de perforación (también conocido como un “motor de lodo”) en el ensamblaje en fondo de pozo (“BHA”) para eliminar el material de la formación para perforar el pozo. US 2009/126998 A1 proporciona una divulgación de la técnica anterior de una herramienta de perforación de

tierra que tiene las características del preámbulo de la reivindicación 1. US 2016/108680 A1, EP2 486 218 A2 y El documento US 4 763 736 A proporciona descripciones adicionales de la técnica anterior de herramientas para perforar la tierra.

5 REVELACIÓN

Un aspecto de la presente invención proporciona una herramienta de perforación de tierra como se reivindica en la reivindicación 1. Otro aspecto de la presente invención proporciona un método para formar un herramienta según la reivindicación 15

10

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para lograr una comprensión detallada de la presente revelación se debe hacer referencia a la siguiente descripción detallada, tomada en conjunto con los dibujos que la acompañan, en donde los elementos similares se han designado generalmente con números similares, y en donde:

15

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un sistema de pozo que comprende una sarta de perforación que incluye una herramienta de perforación de la tierra de acuerdo con una o más modalidades de la presente revelación;

20

La FIG. 2 es una vista en perspectiva inferior de una herramienta de perforación de la tierra de acuerdo con una o más modalidades de la presente revelación;

La FIG. 3 es una vista inferior de una herramienta de perforación de la tierra de acuerdo con una o más modalidades de la presente revelación;

25

La FIG. 4 es una vista lateral de las estructuras de corte giratorias de una herramienta de perforación de tierra de acuerdo con una o más modalidades de la presente revelación;

La FIG. 5 es una vista esquemática de un corte transversal de un perfil de corte de una estructura de corte giratoria de acuerdo con la modalidad de la presente revelación;

30

La FIG. 6 es una representación esquemática de las ubicaciones de contacto de los elementos de corte de una estructura de corte giratoria de una herramienta de perforación de tierra con una formación a lo largo de una rotación de la herramienta de perforación de tierra;

La FIG. 7 es una vista en perspectiva inferior de una herramienta de perforación de la tierra de acuerdo con una o más modalidades de la presente revelación;

La FIG. 8 es una vista esquemática de un corte transversal de un perfil de corte de una cuchilla de una herramienta de perforación de tierra de acuerdo con una modalidad de la presente revelación;

La FIG. 9 es un gráfico que muestra las velocidades de trabajo de los elementos de corte de una herramienta de perforación de la tierra de acuerdo con una o más modalidades de la presente revelación;

La FIG. 10 es un gráfico que muestra los porcentajes de desequilibrio de una herramienta de perforación de la tierra de acuerdo con una o más modalidades de la presente revelación; y

La FIG. 11 es un gráfico que muestra rastrillos traseros y rastrillos laterales de elementos de corte de una herramienta de perforación de tierra de acuerdo con una o más modalidades de la presente revelación.

MODOS PARA LLEVAR A CABO LA INVENCION

15

Las ilustraciones presentadas en este documento no son vistas reales de ninguna broca, cortadora de rodillos o cualquier componente de estos, sino que son apenas representaciones idealizadas que se emplean para describir la presente invención.

Tal como se utilizan en el presente documento, los términos “broca” y “herramienta de perforación de la tierra” significan e incluyen herramientas de perforación de tierra para formar, agrandar, o formar y agrandar un pozo. Los ejemplos no limitantes de brocas incluyen brocas de corte fijo (arrastre), brocas de enucleación de corte fijo, brocas excéntricas de cortador fijo, brocas bicéntricas de corte fijo, escariadores de corte fijo, escariadores expansibles con cuchillas que portan cortadoras fijas y brocas híbridas, que incluyen tanto cortadoras fijas como estructuras de corte giratorias (conos de rodillos).

Tal como se utiliza en el presente documento, el término “estructura de corte” significa e incluye cualquier elemento que esté configurado para usar en una herramienta de perforación de tierra y para remover el material de formación de la formación dentro de un pozo durante el funcionamiento de la herramienta de perforación de tierra. Como ejemplos no limitantes, las estructuras de corte incluyen estructuras de corte giratorias, comúnmente conocidas en el estado de la técnica como “conos de rodillos” o “conos rodantes”.

Tal como se utiliza en el presente documento, el término “elementos de corte” significa e incluye, por ejemplo, elementos de corte superabrasivos (p.ej., compacto de diamante policristalino o “PDC”) empleados como elementos de corte fijos, así como insertos de carburo de tungsteno e insertos superabrasivos empleadas como elementos de corte montados en estructuras de corte giratorias, como conos de rodillos.

Tal como se utiliza en el presente documento, cualquier término relacional, como “primero”, “segundo”, “superior”, “inferior”, etc., se utiliza para efectos de claridad y conveniencia en la comprensión de la revelación y los dibujos que lo acompañan, y no connota ni depende de ninguna preferencia u orden específico, excepto cuando el contexto indique claramente lo contrario. Por ejemplo, estos términos pueden referirse a una orientación de los elementos de una herramienta de perforación de tierra cuando se disponen dentro de un pozo de manera convencional. Además, estos términos pueden referirse a una orientación de los elementos de una herramienta de perforación de tierra cuando se ilustra en los dibujos.

Tal como se utiliza en el presente documento, el término “sustancialmente” en referencia a un parámetro, propiedad o condición dado significa e incluye hasta un grado en el cual un experto en el estado de la técnica entendería que el parámetro, propiedad o condición dados se cumplen con un pequeño grado de varianza, como dentro de tolerancias de fabricación aceptables. Por ejemplo, un parámetro que se cumple sustancialmente puede cumplirse por lo menos cerca del 90%, puede cumplirse por lo menos cerca del 95 %, o incluso puede cumplirse por lo menos cerca del 99%.

La presente invención proporciona una herramienta perforadora de tierra híbrida que tiene hojas y estructuras de corte giratorias. En particular, la herramienta de excavación incluye una pluralidad de cuchillas, un primer conjunto de estructura de corte giratorio y un segundo conjunto de estructura de corte giratorio. Una primera estructura de corte giratoria del primer conjunto de estructura de corte giratoria se extiende desde una región de calibre de la herramienta de perforación de tierra y al menos parcialmente a través de una región cónica de la herramienta de perforación de tierra. En otras palabras, la primera estructura de corte giratoria puede extenderse hasta una línea central de la herramienta, o “hasta el centro”. Además, una segunda estructura de corte giratoria del segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria se extiende desde la región del calibrador de la herramienta de perforación de tierra y solo hasta una ubicación próxima a un límite más interno de una región de la nariz de la herramienta de perforación de tierra. En una o más

modalidades, de la pluralidad de cuchillas, por lo menos dos cuchillas pueden extenderse hasta el centro, por lo menos una cuchilla puede extenderse a través de la región de la nariz de la herramienta de perforación de tierra, y por lo menos dos cuchillas pueden extenderse a través de una región del hombro de la herramienta de perforación de la tierra.

La presente invención provee una herramienta híbrida de perforación de tierra que tiene una primera estructura de corte giratoria que tiene una primera longitud longitudinal y una segunda estructura de corte giratoria que tiene una segunda longitud longitudinal. La primera longitud longitudinal de la primera estructura de corte giratoria puede ser mayor que la segunda longitud longitudinal de la segunda estructura de corte giratoria. Por ejemplo, una proporción de la primera longitud longitudinal L1 a la segunda longitud longitudinal L2 puede ser de cerca de 1,4. Además, la primera estructura de corte giratoria puede ser mayor por volumen que la segunda estructura de corte giratoria por volumen. Por ejemplo, la primera estructura de corte giratoria puede ser cerca de un 8% mayor que la segunda estructura de corte giratoria por volumen.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un ejemplo de un sistema de perforación 100 que puede utilizar los aparatos y métodos revelados en este documento para perforar pozos. La FIG. 1 muestra un pozo 102 que incluye una sección superior 104 con un revestimiento 106 instalado en este y una sección inferior 108 que está siendo perforada con una sarta de perforación 110. La sarta de perforación 110 puede incluir un miembro tubular 112 que porta un ensamblaje de perforación 114 en su extremo inferior. El miembro tubular 112 se puede formar uniendo secciones de tubería de perforación o puede ser una sarta de tubo enrollado. Una broca 116 se puede conectar al extremo inferior del ensamblaje de perforación 114 para taladrar el pozo 102 de un diámetro seleccionado en una formación 118.

La sarta de perforación 110 puede extenderse hasta una plataforma 120 en la superficie 122. La plataforma 120 que se muestra es una plataforma terrestre 120 para facilitar la explicación. Sin embargo, los aparatos y métodos divulgados se aplican por igual cuando se utiliza una plataforma costa afuera 120 para perforar pozos debajo del agua. Una mesa giratoria 124 o una unidad superior de impulsión se pueden acoplar a la sarta de perforación 110 y se pueden utilizar para hacer girar la sarta de perforación 110 y para hacer girar el ensamblaje de perforación 114, y por ende la broca 116 para perforar el orificio 102. Se puede proporcionar un motor de perforación 126 en el ensamblaje de

perforación 114 para hacer girar la broca 116. El motor de perforación 126 se puede utilizar solo para hacer girar la broca 116 o para superponer la rotación de la broca 116 por la sarta de perforación 110. La plataforma 120 también puede incluir equipos convencionales, como un mecanismo para añadir secciones adicionales al miembro tubular 112 a medida que se perfora el pozo 102. Una unidad de control de superficie 128, que puede ser una unidad basada en computador, puede disponerse en la superficie 122 para recibir y procesar datos del pozo transmitidos por sensores 140 en la broca 116 y sensores 140 en el ensamblaje de perforación 114, y para controlar operaciones seleccionadas de los diversos dispositivos y sensores 140 en el ensamblaje de perforación 114. Los sensores 140 pueden incluir uno o más de los sensores 140 que determinan aceleración, peso sobre la broca, torque, presión, posiciones de los elementos de corte, velocidad de penetración, inclinación, acimut de la formación/litología, etc. En algunas modalidades, la unidad de control de superficie 128 puede incluir un procesador 130 y un dispositivo de almacenamiento de datos 132 (o un medio legible por computador) para almacenar datos, algoritmos y programas informáticos 134. El dispositivo de almacenamiento de datos 132 puede ser cualquier dispositivo adecuado, incluidos, pero sin limitaciones, una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria Flash, una cinta magnética, un disco duro y un disco óptico. Durante la perforación, un fluido de perforación de una fuente 136 de este puede ser bombeado a presión a través del miembro tubular 112, que se descarga en la parte inferior de la broca 116 y regresa a la superficie 122 a través de un espacio anular (también conocido como el "anillo") entre la sarta de perforación 110 y una pared lateral interna 138 del pozo 102.

El ensamblaje de perforación 114 además puede incluir uno o más sensores de pozo 140 (designados colectivamente por el número 140). Los sensores 140 pueden incluir cualquier número y tipo de sensores 140, incluidos, pero sin limitaciones, sensores generalmente conocidos como sensores de medición durante la perforación (MWD) o sensores de perfilación durante la perforación (LWD), y sensores 140 que proporcionan información relacionada con el comportamiento del ensamblaje de perforación 114, como rotación de la broca (revoluciones por minuto o "RPM"), cara de la herramienta, presión, vibración, torbellino, flexión y deslizamiento de la vara. El ensamblaje de perforación 114 además puede incluir una unidad controladora 142 que controla el funcionamiento de uno o más dispositivos y sensores 140 en el ensamblaje de perforación 114. Por ejemplo, la

unidad controladora 142 se puede disponer dentro de la broca 116 (p.ej., dentro de un vástago y/o corona del cuerpo de broca de la broca 116). La unidad controladora 142 puede incluir, entre otras cosas, circuitos para procesar las señales del sensor 140, un procesador 144 (como un microprocesador) para procesar las señales digitalizadas, un dispositivo de almacenamiento de datos 146 (como una memoria de estado sólido) y un programa informático 148. El procesador 144 puede procesar las señales digitalizadas y controlar los dispositivos y los sensores 140 del fondo del pozo, y comunicar información de datos con la unidad de control de superficie 128 a través de una unidad de telemetría bidireccional 150.

- La FIG. 2 es una vista en perspectiva inferior de una herramienta de perforación de tierra 200 que se puede utilizar con el ensamblaje de perforación 114 de la FIG. 1 de acuerdo con una o más modalidades de la presente revelación. La herramienta de perforación de tierra 200 puede comprender una broca que tiene una pluralidad de estructuras de corte giratorias en forma de conos de rodillos y una o más cuchillas. Por ejemplo, la herramienta de perforación de tierra 200 puede ser una broca híbrida (p.ej., una broca con conos de rodillos y cuchillas) como se muestra en la FIG. 2. Además, la herramienta de perforación de tierra 200 puede incluir cualquier otra broca o herramienta de perforación de tierra 200 adecuada que tenga la pluralidad de estructuras de corte giratorias y una o más cuchillas para usar en el taladrado y/o la ampliación de un orificio 102 en una formación 118 (FIG. 1).

La herramienta de perforación de tierra 200 puede comprender un cuerpo 202 que incluye un pasador 206, un vástago 208 y una corona 210. En algunas modalidades, la mayor parte del cuerpo 202 puede estar hecha de acero, o de un material compuesto de cerámica-metal incluidas partículas de material duro (p.ej., carburo de tungsteno) cementado dentro de un material de matriz de metal. El cuerpo 202 de la herramienta de perforación de tierra 200 puede tener un centro axial 204 que define un eje longitudinal central 205 que generalmente puede coincidir con un eje de rotación de la herramienta de perforación de tierra 200. El eje longitudinal central 205 del cuerpo 202 puede extenderse en una dirección denominada en lo sucesivo "dirección axial".

- El cuerpo 202 puede conectarse a una sarta de perforación 110 (FIG. 1). Por ejemplo, el pasador 206 del cuerpo 202 puede tener un extremo cónico que tiene roscas sobre él para conectar la herramienta de perforación de tierra 200 a un extremo de caja de un ensamblaje de taladrado 114 (FIG. 1). El vástago 208 puede incluir una sección recta de

diámetro constante que está conectada fijamente a la corona 210 en una junta. En algunas modalidades, la corona 210 puede incluir una pluralidad de ensamblajes de estructura de corte giratoria 212 y una pluralidad de cuchillas 214.

5 Cada cuchilla 214 de la pluralidad de cuchillas 214 de la herramienta de perforación de tierra 200 puede incluir una pluralidad de elementos de corte 230 fijados en ella. La pluralidad de elementos de corte 230 de cada cuchilla 214 puede ubicarse en una fila a lo largo de un perfil de la cuchilla 214 cerca de una cara giratoriamente líder 232 de la cuchilla 214. En algunas modalidades, una pluralidad de elementos de corte 220 de una pluralidad de estructuras de corte giratorias 218 (p.ej., cortadoras de rodillos) y la
10 pluralidad de elementos de corte 230 de la pluralidad de cuchillas 214 pueden incluir elementos de corte de compacto de diamante policristalino (PDC). Además, la pluralidad de elementos de corte 220 de la pluralidad de estructuras de corte giratorias 218 y la pluralidad de elementos de corte 230 de la pluralidad de cuchillas 214 pueden incluir cualquier configuración de elementos de corte y materiales adecuados para taladrar y/o
15 agrandar pozos.

La pluralidad de ensamblajes de estructura de corte giratoria 212 incluye una pluralidad de patas 216 y una pluralidad de estructuras de corte giratorias 218, cada una montada respectivamente en una pata 216. La pluralidad de patas 216 puede extenderse desde un extremo del cuerpo 202 opuesto al pasador 206 y puede extenderse en la dirección axial.
20 La pluralidad de cuchillas 214 también puede extenderse desde el extremo del cuerpo 202 opuesto al pasador 206 y puede extenderse tanto en las direcciones axial como radial. Cada cuchilla 214 puede tener múltiples regiones de perfil que se extienden radialmente como se conoce en el estado de la técnica (cono, nariz, hombro y calibrador). En algunas modalidades, dos o más cuchillas 214 de la pluralidad de cuchillas 214 pueden estar
25 situadas entre las patas adyacentes 216 de la pluralidad de patas 216. En algunas modalidades, fuera de la redacción de las reivindicaciones, la pluralidad de ensamblajes de estructura de corte giratoria 212 puede no incluir una pluralidad de patas 216, pero puede montarse en la corona 210 sobre el cuerpo 202 de la herramienta de perforación de tierra 200.

30 Pueden formarse cursos de fluidos 234 entre cuchillas adyacentes 214 de la pluralidad de cuchillas 214 y pueden ser provistos de fluido de perforación por puertos situados al final de los pasajes que conducen de un plenum interno de fluido que se extiende a través del cuerpo 202 desde el vástago 208 en el extremo superior de la herramienta de perforación

de tierra 200. Las boquillas 238 pueden asegurarse dentro de los puertos para mejorar la dirección del flujo de fluido y controlar la velocidad de flujo del fluido de perforación. Los cursos de fluidos 234 se extienden hasta ranuras de basura 240 que se extienden axialmente a lo largo del lado longitudinal de la herramienta de perforación de tierra 200 entre las cuchillas 214 de la pluralidad de cuchillas 214.

La FIG. 3 es una vista superior de la herramienta de perforación de tierra 200 de la FIG. 2. Como se conoce en el estado de la técnica, la herramienta de perforación de tierra 200 (p.ej., cuchillas 214 de la herramienta de perforación de tierra 200) incluye una región de cono 306, una región de nariz 308, una región de hombro 310 y una región de calibrador 312. En algunas modalidades, la pluralidad de cuchillas 214 puede incluir cinco cuchillas. En algunas modalidades, por lo menos dos cuchillas 350a, 350b de las cinco cuchillas pueden extenderse desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta la región de la herramienta de perforación de tierra 200. Además, los perfiles de corte (p.ej., la pluralidad de elementos de corte 230) de las dos cuchillas 350a, 350b pueden extenderse desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta la región del hombro 310 de la herramienta de perforación de tierra 200. Además, una cuchilla 352 de las cinco cuchillas puede extenderse desde la región de calibre 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta una extensión radialmente interna de la región de la nariz 308 de la herramienta de perforación de tierra 200. Un perfil de corte de la cuchilla 352 puede extenderse desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta la región de la nariz 308 de la herramienta de perforación de tierra 200. Además, dos cuchillas adicionales 354a, 354b de las cinco cuchillas pueden extenderse desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta por lo menos la región del cono 306 de la herramienta de perforación de tierra 200. Además, los perfiles de corte de las cuchillas adicionales 354a, 354b pueden extenderse desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta por lo menos la región del cono 306 de la herramienta de perforación de tierra 200. En otras palabras, cada cuchilla de las dos cuchillas adicionales 354a, 354b puede incluir elementos de corte 230 dispuestos en toda la región del cono 306, la región de la nariz 308, la región del hombro 310, y la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200. En vista de lo anterior, la herramienta de perforación de tierra 200 puede incluir por lo menos dos cuchillas que se extienden hasta el centro de la herramienta de perforación de tierra 200.

En algunos casos, las cinco cuchillas pueden incluir dos conjuntos de cuchillas conectadas 316, 318. Por ejemplo, las cinco cuchillas pueden incluir un primer conjunto de cuchillas conectadas 316 (en adelante “primer conjunto de cuchillas”) y un segundo conjunto de cuchillas conectadas 318 (en adelante “segundo conjunto de cuchillas”). En algunas modalidades, el primer conjunto de cuchillas 316 puede incluir por lo menos tres cuchillas, y el segundo conjunto de cuchillas 318 puede incluir por lo menos dos cuchillas. Además, en algunas modalidades, el primero y el segundo conjuntos de cuchillas 316, 318 se pueden disponer en lados laterales opuestos de la herramienta de perforación de tierra 200.

En algunas modalidades, el primer conjunto de cuchillas 316 puede conectarse entre sí a través de una primera porción conectora 320a (p.ej., una correa entre el conjunto de cuchillas) y una segunda porción de conector 320b. En una o más modalidades, la primera porción conectora 320a puede conectar los extremos de dos de las cuchillas del primer conjunto de cuchillas 316 próxima a la región de la nariz 308 de la herramienta de perforación de tierra 200. En particular, la primera porción conectora 320a puede extenderse entre las dos cuchillas del primer conjunto de cuchillas 316 de modo que las dos cuchillas formen generalmente una forma de V. En algunas modalidades, la segunda porción conectora 320b puede conectar los extremos de las dos cuchillas del primer conjunto de cuchillas 316 con un extremo de otra cuchilla del primer conjunto de cuchillas 316 próxima a la región del cono 306 de la herramienta de perforación de tierra 200. Por ejemplo, la segunda porción conectora 320b puede extenderse entre las dos cuchillas del primer conjunto de cuchillas 316 y la otra cuchilla de tal manera que el primer conjunto de cuchillas 316 conforma una forma de V generalmente más grande.

En una o más modalidades, el primer conjunto de cuchillas 316 puede incluir una primera cuchilla (p.ej., cuchilla 354a) que se extiende desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta el eje longitudinal central 205 de la herramienta de perforación de tierra 200, y un perfil de corte de la primera cuchilla puede extenderse desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta la región del cono 306 de la herramienta de perforación de tierra 200. Además, el primer conjunto de cuchillas 316 puede incluir una segunda cuchilla (p.ej., cuchilla 352) que se extiende desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta la región de la nariz 308 de la herramienta de perforación de tierra 200, y un perfil de corte de la segunda cuchilla puede extenderse desde la región del calibrador

312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta la región de la nariz 308 de la herramienta de perforación de tierra 200. Además, el primer conjunto de cuchillas 316 puede incluir una tercera cuchilla (p.ej., cuchilla 350b) que se extiende desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta la región del hombro 310 de la herramienta de perforación de tierra 200, y un perfil de corte de la tercera cuchilla puede extenderse desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta la región de hombro 310 de la herramienta de perforación de tierra 200.

El segundo conjunto de cuchillas 318 se puede conectar entre sí a través de una tercera porción conectora 322. En algunas modalidades, la tercera porción conectora 322 puede conectar los extremos del segundo conjunto de cuchillas 318 próximo a la región del cono 306 de la herramienta de perforación de tierra 200. En particular, la tercera porción conectora 322 puede extenderse entre las cuchillas del segundo conjunto de cuchillas 318 de modo que el segundo conjunto de cuchillas 318 forme generalmente una forma de V.

En algunas modalidades, el primero y el segundo conjuntos de cuchillas 316, 318 pueden apuntar el uno hacia el otro lateralmente a través de la herramienta de perforación de tierra 200. Por ejemplo, las puntas de las formas en V formadas por el primero y el segundo conjuntos de cuchillas 316, 318 generalmente pueden apuntar la una hacia la otra. Además, en algunas modalidades, el primer conjunto de cuchillas 316 puede conectarse al segundo conjunto de cuchillas 318 a través de una cuarta porción conectora 323 que se extiende a través del centro axial 204 del cuerpo 202 de la herramienta de perforación de tierra 200.

En una o más modalidades, el segundo conjunto de cuchillas 318 puede incluir una cuarta cuchilla (p.ej., cuchilla 354b) que se extiende desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta el eje longitudinal central 205 de la herramienta de perforación de tierra 200, y un perfil de corte de la cuarta cuchilla puede extenderse desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta la región del cono 306 de la herramienta de perforación de tierra 200. Además, el segundo conjunto de cuchillas 318 puede incluir una quinta cuchilla (p.ej., cuchilla 350a) que se extiende desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta la región del hombro 310 de la herramienta de perforación de tierra 200, y un perfil de corte de la quinta cuchilla puede extenderse desde la región del calibrador 312

de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta la región de hombro 310 de la herramienta de perforación de tierra 200.

Refiriéndose a las FIGS. 2 y 3 juntas, en una o más modalidades, la pluralidad de ensamblajes de estructura de corte giratoria 212 incluye un primer ensamblaje de estructura de corte giratoria 212a y un segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria 212b. Además, el primero y el segundo ensamblajes de estructura de corte giratoria 212a, 212b pueden ser dispuestos angularmente entre el primero y el segundo conjuntos de cuchillas 316, 318 y por lo menos generalmente en lados laterales opuestos de la herramienta de perforación de tierra 200. En otras palabras, cada uno de los ensamblajes de estructura de corte giratoria 212a, 212b puede disponerse entre el primero y el segundo conjuntos de cuchillas 316, 318 a lo largo de una dirección de rotación de la herramienta de perforación de tierra 200. El primer ensamblaje de estructura de corte giratoria 212a incluye una primera estructura de corte giratoria 218a montada giratoriamente en una primera pata 216a del primer ensamblaje de estructura de corte giratoria 212a. El segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria 212b incluye una segunda estructura de corte giratoria 218b montada giratoriamente en una segunda pata 216b del segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria 212b. Por ejemplo, cada una de las estructuras de corte giratorias 218a, 218b se pueden montar en una pata respectiva 216a, 216b con uno o más de un rodamiento deslizante y un rodamiento de elementos rodantes. Muchos de estos sistemas de rodamientos se conocen en el estado de la técnica y pueden ser empleados en las modalidades de la presente revelación.

Cada una de las estructuras de corte giratorias primera y segunda 218a, 218b puede tener una pluralidad de elementos de corte 220 dispuestos sobre ellas, los cuales elementos de corte son comúnmente conocidos en el estado de la técnica como "insertos". En algunas modalidades, la pluralidad de elementos de corte 220 de cada una de las estructuras de corte giratorias primera y segunda 218a, 218b puede organizarse en filas generalmente circunferenciales sobre las respectivas superficies externas 222a, 222b de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b. En otras modalidades, los elementos de corte 220 pueden organizarse en una configuración por lo menos sustancialmente aleatoria sobre las superficies externas respectivas 222a, 222b de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b. En algunas modalidades, los elementos de corte 220 pueden comprender insertos preformados que están instalados como interferencias en aberturas formadas en cada una de la primera y

la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b. En otras modalidades, los elementos de corte 220 de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden tener la forma de dientes formados integralmente con el material de cada una de las estructuras de corte giratorias 218a y 218b. Los elementos de corte 220, si
5 tienen la forma de insertos recibidos en aberturas en una estructura de corte giratoria 218, pueden estar hechos de carburo de tungsteno, y opcionalmente tener una superficie distal de diamante policristalino, nitruro de boro cúbico, o cualquier otro material resistente al desgaste y/o abrasivo o superabrasivo.

En algunas modalidades, la primera estructura de corte giratoria 218a puede tener una
10 forma cónica general, con un extremo de base 224a (p.ej., extremo ancho y extremo radialmente más externo 224a) de la forma cónica montado sobre la primera pata 216a y un extremo cónico 226 (p.ej., el extremo radialmente más interno 226) que es próximo (p.ej., por lo menos sustancialmente apuntando hacia) al centro axial 204 del cuerpo 202 de la herramienta de perforación de tierra 200. La primera estructura de corte giratoria
15 218a define un primer perfil de corte que se extiende desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta la región del cono 306 de la herramienta de perforación de tierra 200. En una o más modalidades, el primer perfil de corte puede extenderse desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta una localización próxima al centro axial 204 de la herramienta de perforación de
20 tierra 200. Dicho de otro modo, la primera estructura de corte giratoria 218a puede extenderse hasta el centro. En algunas modalidades, una distancia entre el centro axial 204 y el extremo cónico 226 de la primera estructura de corte giratoria 218a puede estar dentro de un intervalo de cerca de 0,0 % a cerca de 10,0 % del diámetro externo total de la herramienta de perforación de tierra 200. En modalidades adicionales, la distancia entre
25 el centro axial 204 y el extremo cónico 226 de la primera estructura de corte giratoria 218a puede estar dentro de un intervalo de cerca de 0,0 % a cerca de 5,0 % del diámetro externo general de la herramienta de perforación de tierra 200. En otras modalidades, la distancia entre el centro axial 204 y el extremo cónico 226 de la primera estructura de corte giratoria 218a puede estar dentro de un intervalo de cerca de 0,0 % a cerca de 2,5
30 % de un diámetro externo general de la herramienta de perforación de tierra 200. En algunas modalidades, la distancia entre el centro axial 204 y el extremo cónico 226 de la primera estructura de corte giratoria 218a puede variar mientras gira la primera estructura de corte giratoria 218a. Por ejemplo, en algunos puntos de rotación, la distancia puede ser

de cerca de 10,0 % del diámetro externo general de la herramienta de perforación de tierra 200 y en otros puntos la distancia puede ser de cerca de 2,5 % del diámetro externo general de la herramienta de perforación de tierra 200.

En una o más modalidades, la segunda estructura de corte giratoria 218b puede tener una forma general de cono truncado (p.ej., una forma de cono truncado), con un extremo de base 224b (p.ej., extremo ancho y extremo radialmente más externo 224b) de la forma de cono truncado montada sobre la segunda etapa 216b y un extremo truncado 227 (p.ej., el extremo radialmente más interno 227) en la proximidad de un límite más interno de la región de la nariz 308 de la herramienta de perforación de tierra 200. La segunda estructura de corte giratoria 218b define un segundo perfil de corte que se extiende desde la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 hasta una ubicación próxima al límite más interno de la región de la nariz 308 de la herramienta de perforación de tierra 200. En otras palabras, la segunda estructura de corte giratoria 218b puede no extenderse hasta el centro. En otras modalidades, cada una de las estructuras de corte giratorias primera y segunda 218a, 218b no tiene una forma cónica general o forma de cono truncado, sino que puede tener cualquier forma apropiada para estructuras de corte giratorias.

Al hacer que por lo menos un perfil de corte (p.ej., el primer perfil de corte) de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b se extienda hasta una ubicación próxima al centro axial o hasta el centro axial 204 del cuerpo 202 de la herramienta de perforación de tierra 200 (es decir, hasta el centro), la herramienta de perforación de tierra 200 puede proporcionar ventajas sobre las herramientas convencionales de perforación de tierras. Por ejemplo, debido a que la herramienta de perforación de tierra 200 proporciona una estructura de corte giratoria hasta el centro, la herramienta de perforación de tierra 200 puede reducir y/o prevenir por lo menos parcialmente las salidas de núcleos que son comunes con las herramientas convencionales de perforación de tierras. Tal como se utiliza en este documento, el término “salida de núcleo” puede referirse a cuando los elementos de corte fijos de una broca cerca del centro axial 204 de la broca (p.ej., dentro de la región del cono 306) se desgastan (p.ej., se dañan y/o se rompen) antes (p.ej., significativamente antes) de cortar elementos más alejados del centro axial 204 de la broca (p.ej., dentro de las regiones de la nariz, el hombro y el calibrador). Las brocas que experimentan salidas de núcleos deben ser reparadas y/o reemplazadas antes de continuar con las operaciones de perforación. Al reducir y/o

prevenir las salidas de núcleos, la herramienta de perforación de tierra 200 de la presente revelación puede permitir que los elementos de corte en toda la herramienta de perforación de tierra 200 se desgasten sustancialmente a la misma velocidad. Como resultado, la herramienta de perforación de tierra 200 puede reducir el desgaste por tiempo de cada elemento de corte, puede aumentar la vida útil de los elementos de corte y la herramienta de perforación de tierra 200, puede proporcionar una perforación más consistente, y puede reducir los costos de reparación y reemplazo.

Cada una de las estructuras de corte giratorias primera y segunda 218a, 218b puede tener un eje de rotación respectivo 228a, 228b (p.ej., eje longitudinal) sobre el cual la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden girar durante el uso de la herramienta de perforación de tierra 200 en una operación de perforación. En algunas modalidades, el eje de rotación 228a, 228b de cada una de las estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden intersectar el centro axial 204 de la herramienta de perforación de tierra 200. En otras modalidades, el eje de rotación 228a, 228b de una o más de las estructuras de corte giratorias primera y segunda 218a, 218b puede estar descentrado con respecto al centro axial 204 de la herramienta de perforación de tierra 200. Por ejemplo, el eje de rotación 228a, 228b de una o más de las estructuras de corte giratorias primera y segunda 218a, 218b puede estar desplazado lateralmente (p.ej., sesgado angularmente) de modo que el eje de rotación 228a, 228b de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b no intersequen el centro axial 204 de la herramienta de perforación de tierra 200. En algunas modalidades, el extremo radialmente más interno 227 (es decir, el extremo truncado 227) de la segunda estructura de corte giratoria 218b puede estar espaciado radialmente desde el centro axial 204 de la herramienta de perforación de tierra 200.

En algunas modalidades, la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden estar espaciadas angularmente entre sí cerca del eje longitudinal central 205 de la herramienta de perforación de tierra 200. Por ejemplo, el primer eje de rotación 228a de la primera estructura de corte giratoria 218a puede estar espaciado de forma circunferencialmente angular del segundo eje de rotación 228b de la segunda estructura de corte giratoria 218b por cerca de 75 ° a cerca de 180 °. En algunas modalidades, la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden estar espaciadas angularmente entre sí por un ángulo agudo. Por ejemplo, en algunas modalidades, la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden estar espaciadas

angularmente entre sí por cerca de 120 °. En otras modalidades, la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden estar espaciadas angularmente entre sí por cerca de 160 °. En otras modalidades, la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden estar espaciadas angularmente entre sí por cerca de 180° °

5 Aunque los grados específicos de separación de los ejes de rotación (es decir, el número de grados) se revelan en el presente documento, la persona medianamente versada en el estado de la técnica reconocería que la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden estar espaciadas angularmente entre sí por cualquier cantidad adecuada.

10 Refiriéndose todavía a las FIGS. 2 y 3, por lo menos una cuchilla de las cinco cuchillas puede incluir insertos 326 (p.ej., insertos de carburo de tungsteno) dispuestos cerca de la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200. Los insertos 326 pueden seguir a los elementos de corte 230 de una cuchilla respectiva 214 en una dirección de rotación de la herramienta de perforación de tierra 200. En algunas
15 modalidades, los insertos pueden incluir insertos como los descritos en la patente estadounidense 9.316,058 otorgada a Bilen, emitida el 19 de abril de 2016, cuya revelación se incorpora en su totalidad a la presente mediante referencia. En una o más modalidades, los insertos 326 de cada cuchilla del primer ensamblaje de cinco cuchillas pueden configurarse para acoplarse simultáneamente a una profundidad de corte ("DOC")
20 dentro de un intervalo de cerca de 0,150 pulgadas (0,381 cm) a cerca de 0,175 pulgadas (0,445 cm). Por ejemplo, los insertos 326 de cada cuchilla del primer ensamblaje de cinco cuchillas se pueden configurar para conectarse simultáneamente en una DOC de cerca de 0,166 pulgadas (0,422 cm). Además, los insertos 326 pueden ser desplazadas de la región del calibrador 312 de la herramienta de perforación de tierra 200 por cerca de 0,60
25 pulgadas (1,524 cm). En algunos casos, los insertos 326 pueden mejorar la durabilidad de las regiones del hombro 310 de las cuchillas 214.

En algunas modalidades, un borde delantero de una cuchilla de ataque del primer conjunto de cuchillas 316 y un borde de arrastre de una cuchilla de arrastre del segundo conjunto de cuchillas 318 puede definir una cordal que se extiende angularmente en un
30 ángulo dentro del intervalo de cerca de 180 ° y cerca de 220 °. Por ejemplo, el borde delantero de la cuchilla de ataque del primer conjunto de cuchillas 316 y el borde trasero de la cuchilla final del segundo conjunto de cuchillas 318 pueden definir una cordal que se extiende angularmente en un ángulo de cerca de 200 °. La cordal puede proporcionar

estabilidad para la herramienta de perforación de tierra 200. Por ejemplo, la cordal puede por lo menos impedir parcialmente que la herramienta de perforación de tierra 200 se descentre.

La FIG. 4 es una vista lateral de la primera estructura de corte giratoria 218a de la herramienta de perforación de tierra 200 y la segunda estructura de corte giratoria 218b de la herramienta de perforación de tierra 200 de acuerdo con una o más modalidades de la presente revelación. Como se mencionó anteriormente, la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden tener una pluralidad de elementos de corte 220 dispuestos en ellas. Además, la pluralidad de elementos de corte 220 de cada una de las estructuras de corte giratorias 218a, 218a, 218b puede organizarse en filas generalmente circunferenciales sobre las respectivas superficies externas 222a, 222b de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b.

Además, como se señaló anteriormente, la primera estructura de corte giratoria 218a puede tener una forma cónica general que tiene el extremo de base 224a (extremo radialmente más externo 224a cuando está montada sobre la herramienta de perforación de tierra 200) y el extremo cónico opuesto 226 (p.ej., extremo radialmente más interno 226 cuando está montada sobre la herramienta de perforación de tierra 200). Además, la segunda estructura de corte giratoria 218b puede tener una forma de cono truncado general que tiene el extremo de base 224b (extremo radialmente más externo 224b cuando está montada sobre la herramienta de perforación de tierra 200) y el extremo truncado opuesto 227 (p.ej., extremo radialmente más interno 227 cuando está montada sobre la herramienta de perforación de tierra 200).

En algunas modalidades, la pluralidad de elementos de corte 220 puede proyectarse desde la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b a una distancia dentro de un intervalo de cerca de 0,225 pulgadas (0,572 cm) y cerca de 0,300 pulgadas (0,762 cm). Por ejemplo, en algunos casos, una o más de la pluralidad de elementos de corte 220 pueden proyectarse a una distancia de cerca de 0,259 pulgadas (0,658 cm), y una o más de la pluralidad de elementos de corte 220 pueden proyectarse a una distancia de cerca de 0,282 pulgadas (0,716 cm). Como ejemplo no limitante, los elementos de corte 220 cerca de los extremos de la base 224a, 224b de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a 218b pueden proyectarse a una distancia de cerca de 0,259 pulgadas (0,658 cm), y otros elementos de corte 220 de la primera y la segunda

estructuras de corte giratorias 218a 218b pueden proyectarse a una distancia de cerca de 0,282 pulgadas (0,716 cm).

Además, en una o más modalidades, la pluralidad de elementos de corte 220 puede tener radios de nariz dentro de un intervalo de cerca de 0,100 pulgadas (0,254 cm) y cerca de 0,200 pulgadas (0,508 cm). Por ejemplo, los elementos de corte 220 cerca de los extremos de la base 224a, 224b de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a 218b pueden tener radios de nariz de cerca de 0,156 pulgadas (0,396 cm). Además, los otros elementos de corte 220 de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a 218b pueden tener radios de nariz de cerca de 0,125 pulgadas (0,318 cm).

En algunas modalidades, una o más filas de elementos de corte 220 de la primera estructura de corte giratoria 218a pueden estar empotradas en relación con otras filas de elementos de corte 220. Por ejemplo, cada elemento de corte 220 de una fila respectiva de elementos de corte 220 puede disponerse en un nicho 402. En algunos casos, una fila de elementos de corte 220 más cerca de la base o “talón” extremo 224a de la primera estructura de corte giratoria 218a puede estar empotrada en relación con otras filas de elementos de corte 220. Además, la segunda estructura de corte giratoria 218b también puede incluir una o más filas empotradas de elementos de corte 220. Además, en algunos casos, cada elemento de corte 220 de la pluralidad de elementos de corte 220 de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b puede tener una forma generalmente cónica. Por ejemplo, la pluralidad de elementos de corte 220 de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b puede no incluir formas de cuña.

En algunos casos, una fila de elementos de corte 220 más próxima al extremo de base 224a de la primera estructura de corte giratoria 218a puede incluir entre 12 y 14 elementos de corte (p.ej., 13 elementos de corte). Además, una fila de elementos de corte 220 más próxima al extremo de base 224b de la segunda estructura de corte giratoria 218b puede incluir entre 10 y 12 elementos de corte (p.ej., 11 elementos de corte).

En una o más modalidades, el extremo de base 224a, 224b de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden incluir una superficie en cono truncado respectiva 404a, 404b. Además, la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden incluir una pluralidad de insertos de impacto 406 dispuestos en sus respectivas superficies en cono truncado 404a, 404b (p.ej., insertadas en una parte de la primera o la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b que definen la superficie en cono truncado 404a, 404b).

Además, la primera estructura de corte giratoria 218a puede tener una longitud longitudinal mayor que la segunda estructura de corte giratoria 218b a lo largo de los ejes de rotación 228a, 228b de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b. Por ejemplo, en algunas modalidades, la primera estructura de corte giratoria 218a puede tener una primera longitud longitudinal L1 dentro de un intervalo de cerca de 3,2 pulgadas (8,13 cm) y cerca de 3,7 pulgadas (9,4 cm), y la segunda estructura de corte giratoria 218b puede tener una segunda longitud longitudinal L2 dentro de un intervalo de cerca de 2,3 pulgadas (5,84 cm) y cerca de 2,7 pulgadas (6,86 cm). Por ejemplo, la primera estructura de corte giratoria 218a puede tener una primera longitud longitudinal L1 de cerca de 3,5 pulgadas (8,89 cm), y la segunda estructura de corte giratoria 218b puede tener una segunda longitud longitudinal L2 de cerca de 2,5 pulgadas (6,35 cm). En algunos casos, una proporción de la primera longitud longitudinal L1 a la segunda longitud longitudinal puede estar dentro de un intervalo de cerca de 1,2 a cerca de 1,6. Por ejemplo, la proporción de la primera longitud longitudinal L1 a la segunda longitud longitudinal puede ser de cerca de 1,4. La primera longitud longitudinal mayor L1 de la primera estructura de corte giratoria 218a puede permitir que la primera estructura de corte giratoria 218a se extienda hasta una ubicación próxima al centro axial 204 de la herramienta de perforación de tierra 200 (p.ej., puede permitir que la primera estructura de corte giratoria 218a se extienda hasta el centro).

Además, en algunas modalidades, una proporción de la primera longitud longitudinal L1 y un diámetro externo de la herramienta de perforación de tierra 200 puede estar dentro de un intervalo de cerca de 0,40 y cerca de 0,50. Por ejemplo, la proporción de la primera longitud longitudinal L1 al diámetro externo de la herramienta de perforación de tierra 200 puede ser de cerca de 0,41. Además, en algunas modalidades, la proporción de la segunda longitud longitudinal L2 al diámetro externo de la herramienta de perforación de tierra 200 puede estar dentro de un intervalo de cerca de 0,25 y cerca de 0,35. Por ejemplo, la proporción de la segunda longitud longitudinal L2 al diámetro externo de la herramienta de perforación de tierra 200 puede ser de cerca de 0,30.

Además, la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden tener un ancho dentro de un intervalo de cerca de 4,0 pulgadas (10,16 cm) a cerca de 5,0 pulgadas (12,7 cm). Por ejemplo, la primera estructura de corte giratoria 218a puede tener un ancho W1 de cerca de 4,4 pulgadas (11,18 cm), y la segunda estructura de corte giratoria 218b puede tener un ancho W2 de cerca de 4,5 pulgadas (11,43 cm). Además, la

superficie en cono truncado 404a, 404b de una estructura de corte giratoria respectiva de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b puede definir un ángulo β con un plano ortogonal al eje de rotación de una estructura de corte giratoria respectiva. En algunas modalidades, el ángulo β puede estar dentro de un intervalo de cerca de 25 °

5 y cerca de 35 °. Por ejemplo, el ángulo β puede ser de cerca de 31 °. Además, los extremos de la base 224a, 224b de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden tener un diámetro D dentro de un intervalo de cerca de 2,8 pulgadas (7,11 cm) y cerca de 3,6 pulgadas (9,14 cm). Por ejemplo, los extremos de la base 224a, 224b pueden tener un diámetro de cerca de 3,2 pulgadas (8,13 cm). En algunas
10 modalidades, tanto la primera como la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b puede acoplarse a una pata respectiva 216 (FIG. 2) de la herramienta de perforación de tierra 200 a través de un rodamiento de pulgada (p.ej., un rodamiento deslizante y/o rodamiento de elementos rodantes) con un tamaño dentro de un intervalo de 2,25 pulgadas (5,72 cm) y cerca de 3,25 pulgadas (8,26 cm).

15 En una o más modalidades, la primera estructura de corte giratoria 218a puede ser cerca de 5 % a cerca de 10% más grande que la segunda estructura de corte giratoria 218b por volumen. En modalidades adicionales, la primera estructura de corte giratoria 218a puede ser cerca de 7% a cerca de 9% más grande que la segunda estructura de corte giratoria 218b en volumen. Por ejemplo, la primera estructura de corte giratoria 218a puede ser
20 cerca de un 8% más grande que la segunda estructura de corte giratoria 218b por volumen. En vista de lo anterior, las estructuras de corte giratorias 218a, 218b de la presente revelación pueden ofrecer ventajas sobre las estructuras de corte giratorias convencionales. Por ejemplo, las estructuras de corte giratorias de la presente revelación pueden exhibir un coeficiente de rodadura dentro de un intervalo de cerca de 1,55 y cerca
25 de 1,70 cuando se utilizan en una herramienta de perforación de tierra (p.ej., la herramienta de perforación de tierras 200). Por ejemplo, las estructuras de corte giratorias de la presente revelación pueden presentar un coeficiente de rodadura de cerca de 1,63. Tal como se utiliza en el presente documento, el término “coeficiente de rodadura” puede referirse al número de veces que una estructura de corte giratoria gira en relación con una
30 rotación completa de una herramienta de perforación de tierra sobre la que se está utilizando la estructura de corte giratoria. La reducción del coeficiente de rodadura puede reducir el desgaste en los elementos de corte 220 de la estructura de corte giratoria y

puede aumentar la vida útil de los elementos de corte 220 y, por ende, la estructura de corte giratoria.

Refiriéndose a la FIGS. 3 y 4 juntas, en una operación de perforación, como lo entenderá la persona medianamente versada en el estado de la técnica, la primera y la segunda
5 estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden remover el material (p.ej., fragmentar el material) de una formación con el fin de taladrar y /o agrandar las perforaciones. En algunas modalidades, de un volumen total de material removido por la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b, la primera estructura de corte giratoria 218a puede remover entre cerca de 55 % y 65 % del material y la segunda estructura de
10 corte giratoria 218b puede remover entre cerca el 35 % y 45 % del material. Como ejemplo no limitante, la primera estructura de corte giratoria 218a puede remover cerca de 60% del material y la segunda estructura de corte giratoria 218b puede remover cerca de 40% del material.

Además, durante la operación, la primera y la segunda estructuras de corte giratorias
15 218a, 218b pueden presentar mayores tasas de remoción a profundidades de corte (DOC) relativamente bajas. Por ejemplo, por una parte, en una DOC de cerca de 0,050 pulgadas (0,127 cm), la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden remover cerca del 8,5 % de un volumen total de material removido por la herramienta de perforación de tierra 200. Por otra parte, en una DOC de cerca de 0,007
20 pulgadas (0,018 cm), la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b pueden remover cerca de 29,5 % de un volumen total de material removido por la herramienta de perforación de tierra 200. Por tanto, a profundidades de corte relativamente bajas, la herramienta de perforación de tierra 200 de la presente revelación puede ofrecer ventajas sobre las herramientas convencionales de perforación de tierra.

Por ejemplo, al eliminar un porcentaje más alto de un volumen total de material removido
25 por la herramienta de perforación de tierra 200, la herramienta de perforación de tierra 200 de la presente revelación puede reducir el desgaste en las cuchillas 214 y los elementos de corte 230 de las cuchillas 214 de la herramienta de perforación de tierra 200. En consecuencia, la herramienta de perforación de tierra 200 de la presente
30 revelación puede aumentar la vida útil de los elementos de corte 230 y las cuchillas 214 y, por ende, la herramienta de perforación de tierra 200. Por tanto, la herramienta de perforación de tierra 200 de la presente revelación puede requerir menos mantenimiento y puede conducir a ahorros de costos.

La FIG. 5 muestra una vista esquemática de un perfil de corte 500 definido por la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b de una herramienta de perforación de tierra (p.ej., herramienta de perforación de tierra 200) de acuerdo con una o más modalidades de la presente revelación. En algunas modalidades, dentro de un radio de
5 cerca de 1 pulgada (2,54 cm) del eje longitudinal central 205 (FIG. 2) de la herramienta de perforación de tierra 200 (FIG. 2), el perfil de corte 500 puede incluir dos elementos de corte 220. Dentro de un radio de cerca de 1 pulgada (2,54 cm) a cerca de 2 pulgadas (5,08 cm) del eje longitudinal central 205 (FIG. 2), el perfil de corte 500 puede incluir dos
10 elementos de corte 220. Dentro de un radio de cerca de 2 pulgadas (5,08 cm) a cerca de 3 pulgadas (7,62 cm) del eje longitudinal central 205 (FIG. 2), el perfil de corte 500 puede incluir cuatro elementos de corte 220. Dentro de un radio de cerca de 3 pulgadas (7,62 cm) a cerca de 4 pulgadas (10,16 cm) del eje longitudinal central 205 (FIG. 2), el perfil de corte 500 puede incluir cuatro elementos de corte 230.

La FIG. 6 muestra una representación esquemática de las ubicaciones de contacto 602 en
15 las cuales los elementos de corte 220 (FIGS. 2 y 3) de la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b (FIGS. 2 y 3) puede ponerse en contacto con una formación 118 (FIG. 1) durante una sola rotación de la herramienta de perforación de tierra 200 (FIG. 3) en comparación con una representación esquemática de las ubicaciones de contacto 602 en las cuales los elementos de corte de las estructuras de
20 corte giratorias de una herramienta de perforación híbrida convencional se ponen en contacto con una formación 118 (FIG. 1) durante una sola rotación de la herramienta de perforación de tierra. Como se muestra en la FIG. 6, la herramienta de perforación de tierra 200 (FIG. 3) de la presente revelación puede proporcionar una mayor densidad de ubicaciones de contacto 602 fuera de un diámetro de 4,5 pulgadas (11,43 cm) centrado
25 sobre el centro axial 204 (FIG. 3) de la herramienta de perforación de tierra 200 en comparación con la herramienta de perforación de tierra híbrida convencional. Además, la herramienta de perforación de tierra 200 (FIG. 3) de la presente revelación puede proporcionar ubicaciones de contacto 602 dentro del diámetro de 4,5 pulgadas (11,43 cm) en donde la herramienta híbrida convencional de perforación de tierra no proporciona
30 ubicaciones de contacto 602. Como lo entenderá la persona medianamente versada en el estado de la técnica, al proporcionar una mayor densidad general de ubicaciones de contacto 602 y ubicaciones de contacto 602 dentro del diámetro de 4,5 pulgadas (11,43 cm), la herramienta de perforación de tierras 200 puede ofrecer capacidades de

perforación mejoradas en comparación con las herramientas híbridas convencionales de perforación de tierra. Por ejemplo, la herramienta de perforación de tierra 200 (FIG. 3) puede remover más material que la herramienta de perforación convencional. Además, la herramienta de perforación de tierra 200 (FIG. 3) puede reducir la carga de trabajo en los
5 elementos de corte 230 (FIG. 3) de las cuchillas 214 (FIG. 3), lo cual, como se ha explicado anteriormente, puede reducir el desgaste de los elementos de corte 230 (FIG. 3) de las cuchillas 214 (FIG. 3) y puede aumentar la vida útil de la herramienta de perforación de tierra 200 (FIG. 3).

La FIG. 7 es una vista inferior de un cuerpo de broca y cuchillas de una herramienta de perforación de tierra 200 de acuerdo con una o más modalidades de la presente
10 revelación. Los elementos de corte 230 de las cuchillas y la primera y la segunda estructuras de corte giratorias 218a, 218b de la herramienta de perforación de tierra 200 se eliminan para mostrar mejor la estructura del cuerpo 202 y la disposición de las cuchillas 214 de una herramienta de perforación de tierra 200. Para los efectos de la
15 presente revelación, las cuchillas de la herramienta de perforación de tierra 200 representada en la FIG. 7 serán numeradas y descritas con referencias a esos números con el fin de facilitar la descripción de ciertos aspectos de la herramienta de perforación de tierra 200. Por ejemplo, la herramienta de perforación de tierra 200 puede incluir cinco cuchillas numeradas.

Con referencia a la FIG. 7, la cuchilla No. 1 puede incluir una cuchilla del segundo
20 conjunto de cuchillas 318 y, como se muestra en la FIG. 7, puede orientarse en una posición generalmente a las 3 en el reloj. Moviéndose en el sentido de las manecillas del reloj alrededor de la herramienta de perforación de tierra 200, la cuchilla No. 2 puede incluir una siguiente cuchilla adyacente rotacionalmente (p.ej., una segunda cuchilla del
25 segundo conjunto de cuchillas 318) a la cuchilla No. 1. Además, la cuchilla No. 3 puede incluir una siguiente cuchilla adyacente rotacionalmente (p.ej., una primera cuchilla del primer conjunto de cuchillas 316) en el sentido de las manecillas del reloj. Además, la cuchilla No. 4 puede incluir una siguiente cuchilla adyacente rotacionalmente (p.ej., una segunda cuchilla del primer conjunto de cuchillas 316) en el sentido de las manecillas del
30 reloj. Del mismo modo, la cuchilla No. 5 puede incluir una siguiente cuchilla adyacente rotacionalmente en el sentido de las manecillas del reloj y otra cuchilla del segundo conjunto de cuchillas conectadas 318.

En algunas modalidades, cada cuchilla de las cinco cuchillas puede estar separada entre sí angularmente alrededor del eje longitudinal central 205 de la herramienta de perforación de tierra 200 por ciertos ángulos. Por ejemplo, un plano 702 que se extiende radialmente hacia afuera desde el eje longitudinal central 205 e interseca una cara frontal de la cuchilla No. 1 (denominada en lo sucesivo “plano frontal”) puede estar espaciada de forma circunferencialmente angular de un plano frontal 704 de la cuchilla No. 2 por cerca de 35 ° a cerca de 40 °. Por ejemplo, en algunas modalidades, la cuchilla No. 1 y la cuchilla No. 2 pueden estar espaciadas angularmente entre sí por cerca de 39 °. Además, el plano frontal 704 de la cuchilla No. 2 puede estar espaciado de forma circunferencialmente angular del primer eje de rotación 228a de la primera estructura de corte giratoria 218a (FIG. 3) por cerca de 50 ° a cerca de 70 °. Por ejemplo, el plano frontal 704 de la cuchilla No. 2 y el primer eje de rotación 228a de la primera estructura de corte giratoria 218a (FIG. 3) pueden estar espaciados angularmente entre sí por cerca de 60 °. Además, el primer eje de rotación 228a de la primera estructura de corte giratoria 218a (FIG. 3) puede estar espaciada de forma circunferencialmente angular de un plano frontal 706 de la cuchilla No. 3 por cerca de 40 ° a cerca de 60 °. En particular, en algunas modalidades, el primer eje de rotación 228a de la primera estructura de corte giratoria 218a (FIG. 3) y el plano frontal 706 de la cuchilla No. 3 pueden estar espaciados angularmente entre sí por cerca de 54 °. Además, el plano frontal 706 de la cuchilla No. 3 puede estar espaciado de forma circunferencialmente angular de un plano frontal 708 de la cuchilla No. 4 por cerca de 40 ° a cerca de 60 °. Por ejemplo, en algunas modalidades, el plano frontal 706 de la cuchilla No. 3 y el plano frontal 708 de la cuchilla No. 4 pueden estar espaciados angularmente entre sí por cerca de 48 °. Además, el plano frontal 708 de la cuchilla No. 4 puede estar espaciado de forma circunferencialmente angular de un plano frontal 710 de la cuchilla No. 5 por cerca de 35 ° a cerca de 50 °. Por ejemplo, en algunas modalidades, el plano principal 708 de la cuchilla No. 4 y el plano frontal 710 de la cuchilla No. 5 pueden estar espaciados angularmente entre sí por cerca de 42 °. Del mismo modo, el plano frontal 710 de la cuchilla No. 5 puede estar espaciado de forma circunferencialmente angular del segundo eje de rotación 228b de la segunda estructura de corte giratoria 218b (FIG. 3) por cerca de 40 ° a cerca de 60 °. Por ejemplo, en algunas modalidades, el plano frontal 710 de la cuchilla No. 5 y el segundo eje de rotación 228b de la segunda estructura de corte giratoria 218b (FIG. 3) pueden estar espaciados angularmente entre sí por cerca de 56 °. Aunque los grados específicos de separación de

los planos principales (es decir, el número de grados) se revelan en el presente documento, la persona medianamente versada en el estado de la técnica reconocería que las cuchillas No. 1-5 y las primeras y segundas estructuras de corte giratorias 218a, 218b (FIG. 3) pueden estar espaciados angularmente entre sí por cualquier cantidad adecuada.

- 5 La FIG. 8 es una representación esquemática de un perfil de corte 800 que puede definirse mediante los elementos de corte 230 (FIG. 3) de las cuchillas 214 (FIG. 3) de una herramienta de perforación de tierra 200 (FIG. 3) cuando está en funcionamiento. Refiriéndose a la FIGS. 3 y 8 juntas, en comparación con las herramientas convencionales de perforación de tierra, una densidad de corte puede aumentar en las
- 10 regiones de hombro y calibrador 310, 312 de la herramienta de perforación de tierra 200. En algunas modalidades, dentro de un radio de cerca de 1 pulgada (2,54 cm) del eje longitudinal central 205 de la herramienta de perforación de tierra 200, el perfil de corte 800 puede incluir dos elementos de corte 230. Dentro de un radio de cerca de 1 pulgada (2,54 cm) a cerca de 2 pulgadas (5,08 cm) desde el eje longitudinal central 205, el perfil
- 15 de corte 800 puede incluir cuatro elementos de corte 230. Dentro de un radio de cerca de 2 pulgadas (5,08 cm) a cerca de 3 pulgadas (7,62 cm) desde el eje longitudinal central 205, el perfil de corte 800 puede incluir cuatro elementos de corte 230. Dentro de un radio de cerca de 3 pulgadas (7,62 cm) a cerca de 4 pulgadas (10,16 cm) desde el eje longitudinal central 205, el perfil de corte 800 puede incluir ocho elementos de corte 230.
- 20 La FIG. 9 es un gráfico 900 que muestra las velocidades de trabajo (W) de los elementos de corte de una herramienta de perforación de tierra (p.ej., la herramienta de perforación de tierra 200) de la presente revelación en comparación con los niveles de trabajo de los elementos de corte de las herramientas convencionales de perforación de tierras. Como se muestra en el gráfico 900, los elementos de corte situados más cerca del eje
- 25 longitudinal central de la herramienta de perforación de tierra (es decir, situados en las regiones de cono y nariz respectivas de una cuchilla) pueden estar sometidos a una velocidad de trabajo menor que en otras regiones de la cuchilla. Además, varios elementos de corte situados más lejos del eje longitudinal de la herramienta de perforación de tierra (es decir, situados en la región de hombro o de calibrador de la
- 30 cuchilla) pueden ser sometidos a velocidades de trabajo más bajas que los elementos de corte en otras regiones de la cuchilla y en comparación con los elementos de corte de las cuchillas convencionales. Estas velocidades de trabajo más bajas pueden deberse a que la primera estructura de corte giratoria se extiende hacia y hacia múltiples cuchillas de la

pluralidad de cuchillas 214 que se extienden hasta cada una de las regiones del cono (p.ej., el centro), la región de la nariz y la región del hombro de la herramienta de perforación de la tierra.

Además, como se muestra en el gráfico 900, la herramienta de perforación de tierra (p.ej.,

5 la herramienta de perforación de tierra 200 (FIG. 2)) de la presente revelación no puede exhibir picos crecientes o desviaciones ascendentes significativas de una tendencia ascendente general de las velocidades de trabajo de los elementos de corte. Por el contrario, las herramientas convencionales de perforación de tierras suelen presentar elementos de corte que están sometidos a velocidades de trabajo significativamente más
10 altas (p.ej., picos en las velocidades de trabajo) en comparación con los elementos de corte circundantes. Al evitar tales picos y/o desviaciones significativas en las velocidades de trabajo, la herramienta de perforación de tierra de la presente revelación puede reducir el desgaste de los elementos de corte y, por ende, puede aumentar la vida útil de los elementos de corte. En consecuencia, la herramienta de perforación de tierra de la
15 presente revelación puede conducir a ahorros de costos y a una herramienta de perforación de tierra más duradera.

La FIG. 10 es un gráfico 1000 que muestra los porcentajes de desequilibrio de una herramienta de perforación de tierras (p.ej., la herramienta de perforación de tierras 200 (FIG. 2)) de la revelación actual en comparación con los porcentajes de desequilibrio de
20 las herramientas convencionales de perforación de tierras. Por ejemplo, los porcentajes de desequilibrio pueden referirse a las fuerzas desequilibradas experimentadas por una herramienta de perforación de tierras mientras está en funcionamiento como resultado de la distribución no simétrica de las fuerzas de perforación. Como se muestra en la FIG. 10, cuando se encuentra en funcionamiento, la herramienta de perforación de tierras de la
25 presente revelación puede experimentar porcentajes de desequilibrio dentro de un intervalo de cerca de 2,5 % y cerca de 3,5 %, en tanto que las herramientas convencionales de perforación de tierras experimentan porcentajes de desequilibrio dentro de un intervalo de cerca de 4,8% a cerca de 9,5 %.

Al reducir los porcentajes de desequilibrio, la herramienta de perforación de tierra de la
30 presente revelación puede ofrecer una perforación más confiable. Además, la reducción de los porcentajes de desequilibrio puede dar lugar a un aumento de la vida útil de las herramientas de perforación de la tierra. Además, la reducción de los porcentajes de

desequilibrio puede reducir el desgaste desequilibrado en las herramientas de perforación de tierra y los elementos de corte.

La FIG. 11 es un gráfico 1100 que muestra los rastrillos posteriores y los rastrillos laterales efectivos de los elementos de corte de las cuchillas de la herramienta de perforación de tierra de acuerdo con una o más modalidades de la presente revelación.

Por ejemplo, como se muestra en el gráfico 1100, en algunas modalidades el rastrillo posterior de los elementos de corte de la herramienta de perforación de tierra puede ser por lo menos sustancialmente uniforme por fuera de una región del cono de la herramienta de perforación de tierra 200 (FIG. 2). Además, el rastrillo lateral de los elementos de corte puede disminuir gradualmente al llegar a una región de hombro y calibrador de la herramienta de perforación de tierra. En algunas modalidades, el rastrillo lateral y el rastrillo posterior de los elementos de corte pueden optimizarse para aumentar y la integridad y durabilidad de la herramienta de perforación de tierra.

Refiriéndose de nuevo a las FIGS. 2 y 3, aunque la herramienta de perforación de tierra 200 se muestra con cinco cuchillas y dos estructuras de corte giratorias, la revelación no es tan limitada. Más bien, la herramienta de perforación de tierra 200 puede incluir menos o más cuchillas, y la herramienta de perforación de tierra 200 puede incluir menos o más estructuras de corte giratorias.

A continuación, se describen ejemplos adicionales de modalidades no limitantes de la revelación.

Modalidad 1: Una herramienta de perforación de la tierra que comprende: Un cuerpo; una pluralidad de cuchillas que sobresalen del cuerpo, cada una de las cuales cuchillas se extiende desde una región del calibrador de la herramienta de perforación de tierra hasta por lo menos una región de la nariz de la herramienta de perforación de la tierra; un primer ensamblaje de estructura de corte giratoria acoplado al cuerpo y que comprende: Una primera pata que se extiende desde el cuerpo de la herramienta de perforación de tierra; y una primera estructura de corte giratoria acoplada a la primera pata, que se caracteriza porque un primer perfil de corte de la primera estructura de corte giratoria se extiende desde la región del calibrador de la herramienta de perforación de tierra y por lo menos parcialmente a través de una región del cono de la herramienta de perforación de tierra; un segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria acoplado al cuerpo y que comprende: Una segunda pata que se extiende desde el cuerpo de la herramienta de perforación de tierra; y una segunda estructura de corte giratoria acoplada a la segunda

pata, que se caracteriza porque un segundo perfil de corte de la segunda estructura de corte giratoria se extiende desde la región del calibrador de la herramienta de perforación de tierra y solo hasta una ubicación próxima al límite más interno de la región de la nariz de la herramienta de perforación de tierra.

- 5 Modalidad 2: La herramienta de perforación de tierra de la Modalidad 1, que se caracteriza porque la pluralidad de cuchillas comprende cinco cuchillas.

Modalidad 3 : La herramienta de perforación de tierra de la Modalidad 2, que se caracteriza porque tres cuchillas de las cinco cuchillas están dispuestas entre el primer ensamblaje de la estructura de corte giratoria y el segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria en un primer lado lateral del cuerpo de la herramienta de perforación de tierra, y que se caracteriza porque dos cuchillas de las cinco cuchillas están dispuestas entre el primero y el segundo ensamblajes de estructura de corte giratoria en un segundo lado lateral opuesto del cuerpo de la herramienta de perforación de tierra.

10 Modalidad 4: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 1 a 3, que se caracteriza porque un primer eje de rotación de la primera estructura de corte giratoria del primer ensamblaje de estructura de corte giratoria define un ángulo agudo con un segundo eje de rotación de la segunda estructura de corte giratoria del segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria.

15 Modalidad 5: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 1 a 4, que se caracteriza porque la pluralidad de cuchillas comprende: Un primer conjunto de cuchillas que se conectan entre sí a través de primera y segunda porciones conectoras; y un segundo conjunto de cuchillas que están conectadas entre sí a través de una tercera porción conectora.

20 Modalidad 6: La herramienta de perforación de tierra de la Modalidad 5, que se caracteriza porque el primer conjunto de cuchillas está conectado al segundo conjunto de cuchillas a través de una cuarta porción conectora que se extiende a través de un centro axial del cuerpo de la herramienta de perforación de tierra.

25 Modalidad 7: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 5 o 6, que se caracteriza porque un borde de ataque de una cuchilla de ataque del primer conjunto de cuchillas y un borde de arrastre de una cuchilla de arrastre del segundo conjunto de cuchillas definen una cordal que se extiende angularmente en un ángulo dentro de un intervalo de cerca de 180 ° y cerca de 220 °.

30

Modalidad 8: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 1 a 7, que se caracteriza porque por lo menos dos cuchillas de la pluralidad de cuchillas se extienden desde la región del calibrador de la herramienta de perforación de tierra hasta un centro axial del cuerpo.

- 5 Modalidad 9: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 1 a 8, que además comprende una pluralidad de elementos de corte asegurados dentro de cada cuchilla de la herramienta de perforación de tierra.

- 10 Modalidad 10: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 1 a 9, que se caracteriza porque la primera estructura de corte giratoria del primer ensamblaje de estructura de corte giratoria tiene una forma generalmente cónica, y que se caracteriza porque la segunda estructura de corte giratoria del segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria tiene una forma general de cono truncado.

- 15 Modalidad 11 : La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 1 a 10, que se caracteriza porque la primera estructura de corte giratoria tiene una primera longitud longitudinal, que se caracteriza porque la segunda estructura de corte giratoria tiene una segunda longitud longitudinal, y que se caracteriza porque una proporción de la primera longitud longitudinal de la primera estructura de corte giratoria a la segunda longitud longitudinal está dentro de un intervalo de cerca de 1,2 y cerca de 1,6.

- 20 Modalidad 12: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 1 a 11, que se caracteriza porque la primera estructura de corte giratoria es cerca de 5 % a cerca de 10% más grande que la segunda estructura de corte giratoria por volumen.

- 25 Modalidad 13: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 1 a 12, que se caracteriza porque una primera distancia hasta un elemento de corte radialmente más interno de la primera estructura de corte giratoria es menor que una segunda distancia hasta un tercer elemento de corte interno radialmente de la pluralidad de cuchillas.

- 30 Modalidad 14: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 1 a 13, que además comprende insertos fijados a regiones de calibrador de por lo menos una cuchilla de la pluralidad de cuchillas de la herramienta de perforación de tierra y que arrastran una pluralidad de elementos de corte de la por lo menos una cuchilla en una dirección de rotación de la herramienta de perforación de tierra.

Modalidad 15: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 1 a 14, que además comprende una o más ranuras para basura definidas entre las cuchillas adyacentes de la pluralidad de cuchillas.

5 Modalidad 16: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 1 a 15, que se caracteriza porque cada estructura de corte giratoria de cada uno de entre el primer ensamblaje de estructura de corte giratoria y el segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria exhibe un coeficiente de rodadura relativo a cada rotación de la herramienta de perforación de tierra de cerca de 1,63.

10 Modalidad 17: Un método para formar una herramienta de perforación de tierra, que comprende: Formar un cuerpo de la herramienta de perforación de la tierra que comprende una pluralidad de cuchillas; acoplar una primera estructura de corte giratoria a una primera pata de un primer ensamblaje de estructura de corte giratoria de la herramienta de perforación de tierra, la cual primera estructura de corte giratoria tiene una primera longitud longitudinal; y acoplar una segunda estructura de corte giratoria a una
15 segunda pata de un segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria de la herramienta de perforación de tierra, la cual segunda estructura de corte giratoria tiene una segunda longitud longitudinal, que se caracteriza porque una proporción de la primera longitud longitudinal de la primera estructura de corte giratoria a la segunda longitud longitudinal de la segunda estructura de corte giratoria se encuentra dentro de un intervalo
20 de cerca de 1,2 y cerca de 1,6.

Modalidad 18: El método de Modalidad 17, que se caracteriza porque el acoplamiento de una primera estructura de corte giratoria a una primera pata de un primer ensamblaje de estructura de corte giratoria de la herramienta de perforación de tierra comprende el acoplamiento de la primera estructura de corte giratoria a la herramienta de perforación de
25 tierra de modo que un perfil de corte de la primera estructura de corte giratoria se extiende desde una región del calibrador de la herramienta de perforación de tierra y por lo menos parcialmente a través de una región del cono de la herramienta de perforación de tierra.

Modalidad 19: El método de cualquiera de las Modalidades 17 o 18, que se caracteriza porque el acoplamiento de una segunda estructura de corte giratoria a una segunda pata
30 de un segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria de la herramienta de perforación de tierra comprende el acoplamiento de la segunda estructura de corte giratoria a la herramienta de perforación de tierra de tal manera que se caracteriza porque un perfil de corte de la segunda estructura de corte giratoria se extiende desde la región

del calibrador de la herramienta de perforación de tierra y solo hasta una ubicación próxima a un límite más interno de la región de la nariz de la herramienta de perforación de la tierra.

5 Modalidad 20: El método de cualquiera de las Modalidades 17 a 19, que se caracteriza porque el acoplamiento de una primera estructura de corte giratoria a una primera pata de un primer ensamblaje de estructura de corte giratoria de la herramienta de perforación de tierra comprende el acoplamiento de una estructura de corte giratoria que tiene una forma generalmente cónica hasta la primera pata; y que es caracteriza porque el acoplamiento de una segunda estructura de corte giratoria a una segunda pata de un segundo
10 ensamblaje de estructura de corte giratoria de la herramienta de perforación de tierra comprende el acoplamiento de una estructura de corte giratoria que tiene una forma generalmente de cono truncado hasta la segunda pata.

Modalidad 21 : Una herramienta de perforación de la tierra que comprende: Un cuerpo; una pluralidad de cuchillas que sobresalen del cuerpo, cada una de las cuales cuchillas se
15 extiende desde una región del calibrador de la herramienta de perforación de tierra hasta por lo menos una región de la nariz de la herramienta de perforación de la tierra; un primer ensamblaje de estructura de corte giratoria acoplado al cuerpo y que comprende: Una primera pata; y una primera estructura de corte giratoria acoplada giratoriamente a la primera pata, que se caracteriza porque la primera estructura de corte giratoria tiene una
20 primera longitud longitudinal; un segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria acoplado al cuerpo y que comprende: Una segunda pata; y una segunda estructura de corte giratoria acoplada giratoriamente a la segunda pata, que se caracteriza porque la segunda estructura de corte giratoria tiene una segunda longitud longitudinal, y que se caracteriza porque una proporción de la primera longitud longitudinal de la primera
25 estructura de corte giratoria a la segunda longitud longitudinal está dentro de un intervalo de cerca de 1,2 y cerca de 1,6.

Modalidad 22: La herramienta de perforación de tierra de la Modalidad 21, que se caracteriza porque la primera estructura de corte giratoria es cerca de 5 % a cerca de 10% más grande que la segunda estructura de corte giratoria por volumen.

30 Modalidad 23: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 21 y 22, que se caracteriza porque una primera distancia hasta un elemento de corte radialmente más interno de la primera estructura de corte giratoria es menor que una

segunda distancia hasta un tercer elemento de corte radialmente más interno de la pluralidad de cuchillas.

Modalidad 24: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 21 a 23, que se caracteriza porque la pluralidad de cuchillas comprende: Un primer conjunto de cuchillas que se conectan entre sí a través de porciones conectoras primera y segunda; y un segundo conjunto de cuchillas que están conectadas entre sí a través de una tercera porción conectora.

Modalidad 25: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 21 a 24, que se caracteriza porque un borde de ataque de una cuchilla de ataque del primer conjunto de cuchillas y un borde de arrastre de una cuchilla de arrastre del segundo conjunto de cuchillas definen una cordal angular que se extiende en un ángulo dentro de un intervalo de cerca de 180 ° y cerca de 220 °.

Modalidad 26: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 21 a 25, que además comprende insertos fijadas a regiones de calibrador de por lo menos una cuchilla de la pluralidad de cuchillas de la herramienta de perforación de tierra y arrastra una pluralidad de elementos de corte de la por lo menos una cuchilla en una dirección de rotación de la herramienta de perforación de tierra.

Modalidad 27: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 21 a 26, que además comprende una o más ranuras para basura definidas entre las cuchillas adyacentes de la pluralidad de cuchillas.

Modalidad 28: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las Modalidades 21 a 27, que se caracteriza porque un primer perfil de corte de la primera estructura de corte giratoria se extiende desde la región del calibrador de la herramienta de perforación de tierra y por lo menos parcialmente a través de una región del cono de la herramienta de perforación de tierra, y que se caracteriza porque un segundo perfil de corte de la segunda estructura de corte giratoria se extiende desde la región de calibrador de la de la herramienta de perforación de tierra y solo hasta una región de la nariz de la herramienta de perforación de tierra.

Modalidad 29: La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las modalidades 21 a 28, que se caracteriza porque cada estructura de corte giratoria de cada uno de entre el primer ensamblaje de estructura de corte giratoria y el segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria exhibe un coeficiente de rodadura relativo a cada rotación de la herramienta de perforación de tierra de cerca de 1,63.

- Las modalidades de la revelación descritas arriba e ilustradas en los dibujos adjuntos no limitan el alcance de la revelación, la cual está abarcada por el alcance de las reivindicaciones que se acompañan. De hecho, varias modificaciones de la revelación, además de las que se muestran y se describen en el presente documento, como
- 5 combinaciones útiles alternativas de los elementos descritos, resultarán evidentes para los expertos en el estado de la técnica a partir de la descripción. Dichas modificaciones y modalidades también están comprendidas dentro del alcance de aplicación de las reivindicaciones que se anexan.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS

1. Una herramienta de perforación de la tierra (200), que comprende:
 - un cuerpo (202);
 - una pluralidad de cuchillas (214) que sobresalen del cuerpo (202), cada una de las cuales cuchillas (214) se extiende desde una región del calibrador de la herramienta de perforación de tierra (200) hasta una región de la nariz (308) de la herramienta de perforación de la tierra (200);
 - un primer ensamblaje de estructura de corte giratoria (212a) acoplado al cuerpo (202) y que comprende:
 - una primera pata (216a) que se extiende desde el cuerpo (202) de la herramienta de perforación de la tierra (200); y
 - una primera estructura de corte giratoria (218a) acoplada a la primera pata (216a), la primera estructura de corte giratorio (128a) comprende un primer perfil de corte;
 - un segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria (212b) acoplado al cuerpo (202) y que comprende:
 - una segunda pata (216b) que se extiende desde el cuerpo (202) de la herramienta de perforación de la tierra (200); y
 - una segunda estructura de corte giratoria (218b) acoplada a la segunda pata (216b), en donde un segundo perfil de corte de la segunda estructura de corte giratoria (218b) se extiende desde la región del calibrador (312) de la herramienta de perforación de tierra (200) y solo hasta una ubicación más próxima a un límite más interno de la región de la nariz (308) de la herramienta de perforación de la tierra, caracterizado porque:
 - el primer perfil de corte de la primera estructura de corte giratoria (218a) se extiende desde la región del calibrador (312) de la herramienta de perforación de tierra (200) y parcialmente a través una zona cónica (306) de la herramienta de perforación de tierra (200).
2. La herramienta de perforación de tierra de la reivindicación 1, que se caracteriza porque la pluralidad de cuchillas (214) comprende cinco cuchillas.
3. La herramienta de perforación de tierra de la reivindicación 2, que se caracteriza porque tres cuchillas (350b, 352, 354a) de las cinco cuchillas están dispuestas entre el primer ensamblaje de la estructura de corte giratoria (212a) y el segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria (212b) en un primer lado lateral del cuerpo (202) de la

herramienta de perforación de tierra (200), y en donde dos cuchillas (350^a, 354b) de las cinco cuchillas están dispuestas entre la primera y la segunda estructuras de corte giratorias (212a, 212b) sobre un segundo lado lateral opuesto del cuerpo de la herramienta de perforación de tierra.

4. La herramienta de perforación de tierra de la reivindicación 1, que se caracteriza porque un primer eje de rotación (228a) de la primera estructura de corte giratoria (218a) del primer ensamblaje de estructura de corte giratoria define un ángulo agudo con un segundo eje de rotación (228b) de la segunda estructura de corte giratoria del segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria.
5. La herramienta de perforación de tierra de la reivindicación 1, que se caracteriza porque la pluralidad de cuchillas (214) comprende: Un primer conjunto de cuchillas (316) que están conectadas entre sí a través de porciones conectoras (320a, 320b) primera y segunda; y un segundo conjunto de cuchillas (318) que están conectadas entre sí a través de una tercera porción conectora (322).
6. La herramienta de perforación de tierra de la reivindicación 5, que se caracteriza porque el primer conjunto de cuchillas está conectado al segundo conjunto de cuchillas a través de una cuarta porción conectora que se extiende a través de un centro axial del cuerpo (204) de la herramienta de perforación de tierra.
7. La herramienta de perforación de tierra de la reivindicación 5 o 6, que se caracteriza porque un borde de ataque de una cuchilla de ataque del primer conjunto de cuchillas y un borde de arrastre de una cuchilla de arrastre del segundo conjunto de cuchillas definen una cordal que se extiende angularmente en un ángulo dentro de un intervalo de 180 ° y 220 °.
8. La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza porque dos cuchillas de la pluralidad de cuchillas se extienden desde la región del calibrador de la herramienta de perforación de tierra hasta un centro axial del cuerpo.
9. La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las reivindicaciones precedentes que además comprende una pluralidad de elementos de corte asegurados dentro de cada cuchilla de la herramienta de perforación de tierra.
10. La herramienta de perforación de tierra de la reivindicación 1, que se caracteriza porque la primera estructura de corte giratoria del primer ensamblaje de estructura de corte giratoria tiene una forma generalmente cónica, y que se caracteriza porque la segunda

estructura de corte giratoria del segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria tiene una forma general de cono truncado.

11. La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que se caracteriza porque:

la primera estructura de corte giratoria tiene una primera longitud longitudinal (L1);
la segunda estructura de corte giratoria tiene una segunda longitud longitudinal (L2);
y

una proporción de la primera longitud longitudinal (L1) de la primera estructura de corte giratoria a la segunda longitud longitudinal (L2) está dentro de un intervalo de 1,2 y 1,6.

12. La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que se caracteriza porque la primera estructura de corte giratoria es 5 % a 10% más grande que la segunda estructura de corte giratoria por volumen.

13. La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que se caracteriza porque una primera distancia hasta un elemento de corte radialmente más interno de la primera estructura de corte giratoria es menor que una segunda distancia hasta un tercer elemento de corte radialmente más interno de la pluralidad de cuchillas.

14. La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que además comprende insertos (326) asegurados a regiones de calibrador de una cuchilla de la pluralidad de cuchillas de la herramienta de perforación de tierra y que arrastran una pluralidad de elementos de corte de una cuchilla en una dirección de rotación de la herramienta de perforación de tierra.

15. La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que además comprende ranuras para basura definidas entre las cuchillas adyacentes de la pluralidad de cuchillas.

16. La herramienta de perforación de tierra de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que se caracteriza porque cada estructura de corte giratoria de cada uno de entre el primer ensamblaje de estructura de corte giratoria y el segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria exhibe un coeficiente de rodadura relativa a cada rotación de la herramienta de perforación de tierra de cerca de 1,63.

17. Un método para formar una herramienta de perforación de tierra, que comprende:

formar un cuerpo de la herramienta de perforación de tierra que comprende una pluralidad de cuchillas;

acoplar una primera estructura de corte giratoria a una primera pata de un primer ensamblaje de estructura de corte giratoria de la herramienta de perforación de tierra, la cual primera estructura de corte giratoria tiene una primera longitud longitudinal; y

acoplar una segunda estructura de corte giratoria a una segunda pata de un segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria de la herramienta de perforación de tierra, la cual segunda estructura de corte giratoria tiene una segunda longitud longitudinal, en donde una proporción de la primera longitud longitudinal de la primera estructura de corte giratoria a la segunda longitud longitudinal de la segunda estructura de corte giratoria se encuentra dentro de un intervalo de 1,2 y 1,6.

18. El método de la reivindicación 17, que se caracteriza porque el acoplamiento de una primera estructura de corte giratoria a una primera pata de un primer ensamblaje de estructura de corte giratoria de la herramienta de perforación de tierra comprende el acoplamiento de la primera estructura de corte giratoria a la herramienta de perforación de tierra de manera que un perfil de corte de la primera estructura de corte giratoria se extiende desde una región del calibrador de la herramienta de perforación de tierra y parcialmente a través de una región del cono de la herramienta de perforación de tierra.
19. El método de la reivindicación 17, que se caracteriza porque el acoplamiento de una segunda estructura de corte giratoria a una segunda pata de un segundo ensamblaje giratorio de la estructura de corte de la herramienta de perforación de tierra comprende el acoplamiento de la segunda estructura de corte giratoria a la herramienta de perforación de tierra, en donde un perfil de corte de la segunda estructura de corte giratoria se extiende desde la región de calibrador de la herramienta de perforación de tierra hasta una ubicación próxima a un límite más interno de la región de corte de la herramienta de perforación de tierra.
20. El método de cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, que se caracteriza porque:
 - el acoplamiento de una primera estructura de corte giratoria a una primera pata de un primer ensamblaje de estructura de corte giratoria de la herramienta de perforación de tierra comprende el acoplamiento de una estructura de corte giratoria que tiene una forma generalmente cónica a la primera pata; y
 - el acoplamiento de una segunda estructura de corte giratoria a una segunda pata de un segundo ensamblaje de estructura de corte giratoria de la herramienta de perforación de tierra comprende el acoplamiento de una estructura de corte giratoria que tiene una forma generalmente en cono truncado a la segunda pata.